

«Безопасность затратна, её отсутствие разорительно».

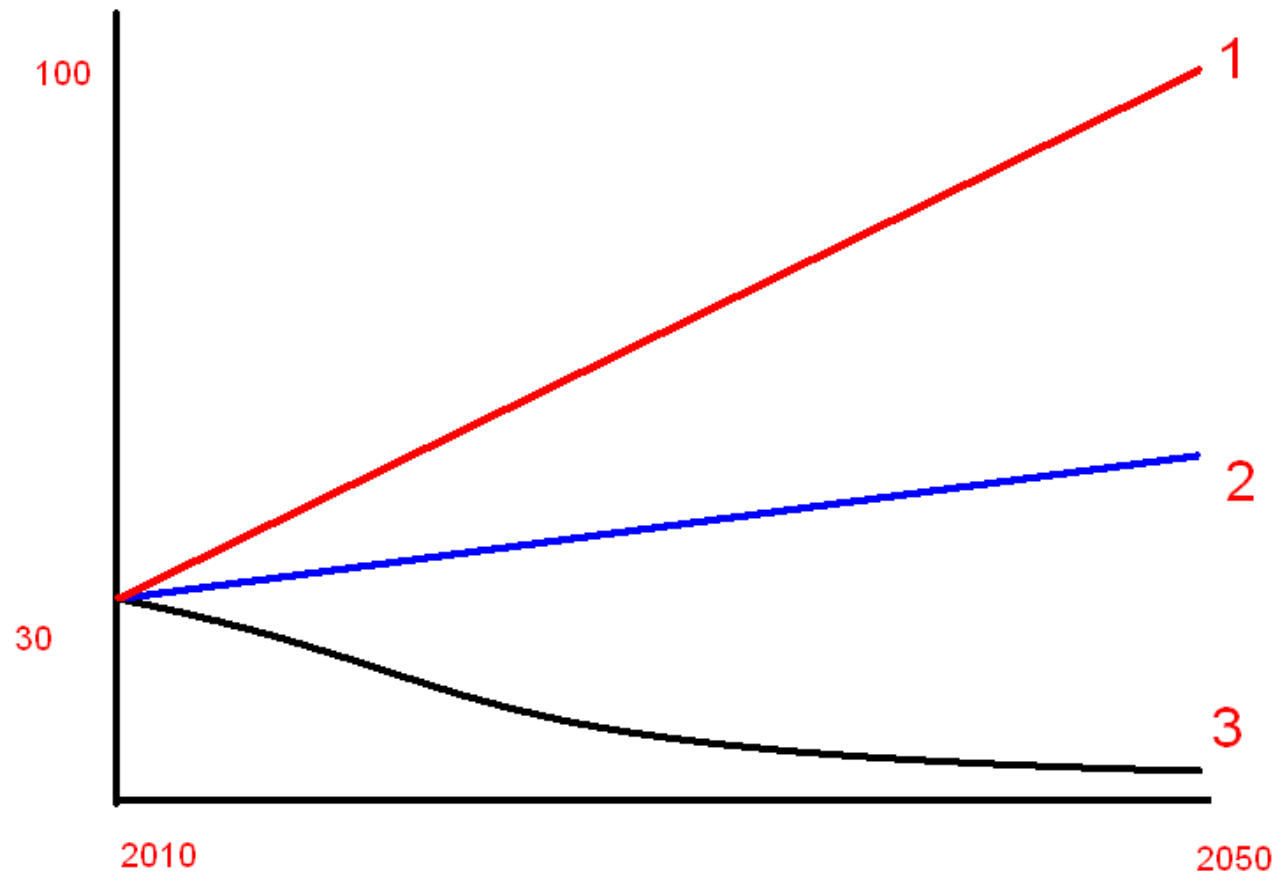
У.Черчилль

Заслуженный деятель науки РФ, профессор Б.Г.Гордон.

gordon@secnrs.ru

**СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
РАЗВИТИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

ВАРИАНТЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

× Потребительские качества:

- × Концентрация энергии,
- × Запасы расщепляющихся материалов,
- × Стоимость сооружения и эксплуатации,
- × КПД и КИУМ,
- × Цена энергии.

× Специфические качества:

- × Безопасность,
- × Охрана и физическая защита,
- × Нераспространение,
- × Обращение с ОЯТ и РАО
- × Система регулирования безопасности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

- ✗ **Радиационная безопасность** – *«состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения» (№7-ФЗ);*
- ✗ **«Обеспечение безопасности при использовании атомной энергии - защита отдельных лиц, населения и окружающей среды от радиационной опасности» (№ 170-ФЗ).**
- ✗ **Ядерная и радиационная безопасность АС** – *«свойство АС обеспечивать надежную защиту персонала, населения и окружающей среды от недопустимого в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии радиационного воздействия» (НП-001-15).*
- ✗ **Ядерная безопасность** – *«свойство РУ и АС с определённой вероятностью предотвращать возникновение*

Безопасность при использовании атомной энергии



Аварийная готовность



Ядерная и радиационная безопасность



Реальная составляющая ЯРБ

Потенциальная составляющая ЯРБ

Ядерная безопасность

Сохранность ЯМ и ЯУ

Промышленная безопасность

Пожарная безопасность

Деятельность органов и организаций

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ

- ✘ Действия, направленные на обеспечение БИАЭ, способны обеспечить защиту человека и окружающей среды от радиационной опасности путём наложения ограничений на условия эксплуатации АС.
- ✘ ОУ и ЭО могут организовать внеплановую проверку, ввести особый режим эксплуатации, уменьшить номинальную мощность, остановить энергоблок и т.п.
- ✘ РО может выдать предписание, составить протокол, приостановить действие лицензии на эксплуатацию или отозвать её.
- ✘ Показатели необходимости вмешательства: предвестники аварии, повторяющиеся нарушения эксплуатации, аномалии в системе учёта и контроля, инциденты в системе физической защиты и др.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ АВАРИИ (ОПБ АС, НП-001-15)

- ✘ **Авария на АС** – «нарушение нормальной эксплуатации АС, при котором произошел выход радиоактивных веществ и (или) ионизирующего излучения за границы, предусмотренные проектной документацией АС для нормальной эксплуатации в количествах, превышающих установленные пределы безопасной эксплуатации; авария характеризуется исходным событием, путями протекания и последствиями». **ЯРБ.**
- ✘ **Ядерная авария** – «авария, сопровождающаяся повреждением твэлов, превышающим установленные пределы безопасной эксплуатации, или авария без повреждения твэлов, вызванная: нарушением контроля и управления цепной реакцией деления; возникновением критичности при перегрузке, транспортировании и хранении ядерного топлива». **ЯБ.**

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ТЕХНИЧЕСКИХ АВАРИЙ

Градиенты	Запасы веществ	Запасы энергии
Давление	Взрывчатые	Механическая
Температура	Горючие, воспламеняющиеся	Электромагнитная
Концентрация	Химические, биологические	Химическая
Высота	Радиоактивные	Ядерная

МОДЕЛЬ РАСЧЁТА

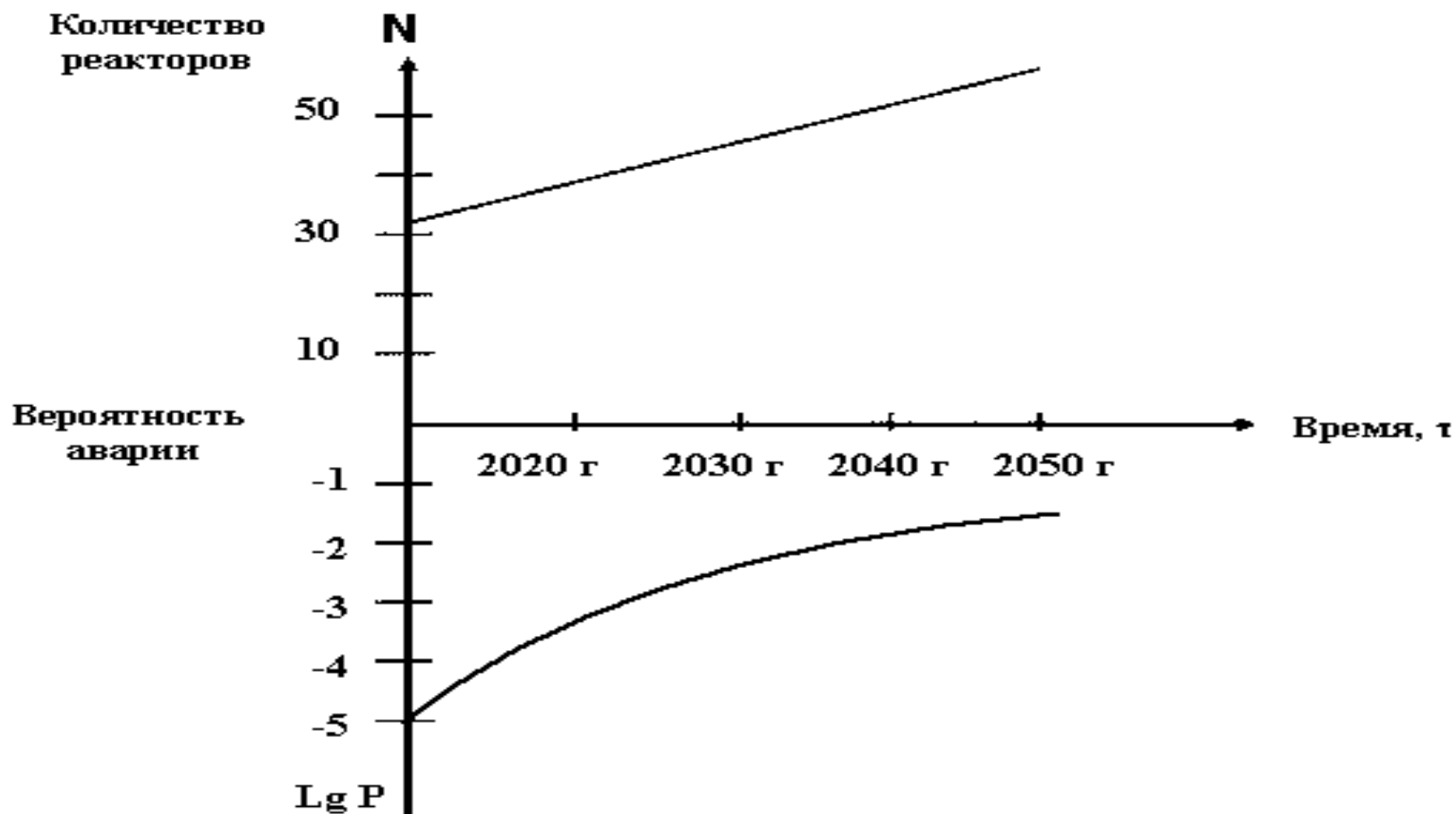
$$P = 1 - \exp(-\lambda N \tau)$$

$$P = N \times \lambda \times \tau,$$

$$0 < N \times \lambda \times \tau < 0.01.$$

ВЕРОЯТНОСТЬ АВАРИИ В СИСТЕМЕ АЭС

$$P = 1 - \text{EXP}(-\lambda N T)$$



Безопасность при использовании атомной энергии



Аварийная готовность



Ядерная и радиационная безопасность



Реальная составляющая ЯРБ

Потенциальная составляющая ЯРБ

Ядерная безопасность

Сохранность ЯМ и ЯУ

Промышленная безопасность

Пожарная безопасность

Деятельность органов и организаций

ЦЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ (ЧТО ДОЛЖНО ДОСТИЧЬ)

- ✘ Контроль за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивности в окружающую среду **(РБН)**
- ✘ Защита отдельных лиц, населения и окружающей среды от радиационной опасности **(БИАЭ)**
- ✘ Ограничение радиационного воздействия на человека и окружающую среду установленными пределами при нормальной эксплуатации ОИАЭ и её нарушениях, включая аварии **(ЯРБ)**
- ✘ Предотвращение ядерных аварий и

СВЯЗЬ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АС

Вид нарушения	Остановка энергоблока 1 ГВт на сутки	Недодача 1% электроэнергии и в год	Ремонты, замены, отказы оборудования	Тяжёлые запроектные аварии
Порядок величины ущерба в долларах	1 млн.	1-5 млн.	10-50 млн.	100 – 500 млрд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ✘ Безопасность должна иметь эпитет (какая) и дополнение (чего).
- ✘ РБ, ЯБ, ЯРБ и БИАЭ были обеспечены, но нельзя утверждать, что они будут обеспечены.
- ✘ Для будущего ЯБ рассчитывается через вероятность аварии, ЯРБ и БИАЭ несравнимы.
- ✘ Естественное стремление ЯБ к снижению. Важность поиска новых типов реакторов.
- ✘ Согласованность нормативных понятий в сфере ИАЭ.
- ✘ Необходимость научных исследований состояний и изменения БИАЭ и ЯРБ.